

Julio 2022
Diciembre

e-ISSN 2389-9484







Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.

Volumen 9 | Número 2



Revista Ciencia e Ingeniería, vol. 9, n.º 2, e7461202, 2022.
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei

Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías
ISSN 2389-9484
Año 2022, julio-diciembre, Vol. 9, N.º 2, e7461202
Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas y *Facultad Ingeniería*. Universidad de La Guajira
La Guajira, Riohacha, Colombia
http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei
Este documento fue depositado en Zenodo. DOI: https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7461202

APORTES PARA MONITOREO Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES CORALINAS EN EL ECOSISTEMA COSTERO DEL CABO DE LA VELA EN LA GUAJIRA, COLOMBIANA

Contributions for monitoring and conservation of coraline species in the coastal ecosystem of Cape de la Vela (La Guajira, colombian)

Roiner Puccini Bernier
https://orcid.org/0000-0002-3232-9439
renior_30@hotmail.com
Estudiante de Biología. Universidad de La Guajira. Colombia

Geomar Molina Bolívar
https://orcid.org/ 0000-0001-6380-379X
gmolina@uniguajira.edu.co
MSc. Ciencias Biológicas, Dr. en Ciencias Naturales y Desarrollo Sostenible, Docente de planta Facultad de Ciencias Básicas Universidad de La Guajira. Grupo de Investigación BIEMARC

RESUMEN

El reconocimiento del monitoreo y conservación de especies coralinas, destaca la necesidad de promover herramientas que coadyuven a la generación de información acerca de la salud de los arrecifes coralinos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira y de esta manera comprender los factores que provocan su degradación y hacer recomendaciones para la preservación de su biodiversidad, cabe resaltar que en esta zona costera existe un limitado conocimiento sobre las características de la comunidad coralina y del estado actual de las especies presentes. El propósito es generar un manual para favorecer el monitoreo in situ y conservación de especies coralinas en el ecosistema costero, es un estudio descriptivo, proyectivo, documental bibliográfico orientado a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad de tipo práctico. Por tanto, en este proceso innovador la participación de todos los actores clave involucrados es fundamental; comunidad, universidades, investigadores. Se concluye, la conservación in situ del ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira, va a depender de la disponibilidad de información sobre la distribución de las especies coralinas, y el uso de indicadores bajo un enfoque ecorregional basado en el conocimiento científico de esta disciplina.

Palabras clave: abiótico; biótico; escorrentía; integridad ecológica; sedimentación; surgencia

ABSTRACT

The recognition of the monitoring and conservation of coral species highlights the need to promote tools that contribute to the generation of information about the health of coral reefs in the coastal ecosystem of Cabo de la Vela in La Guajira and thus understand the factors that cause its degradation and make recommendations for the preservation of its biodiversity, it should be noted that in this coastal area there is limited knowledge about the characteristics of the coral community and the current status of the species present. The purpose is to generate a manual to promote in situ monitoring and conservation of coral species in the coastal ecosystem, it is a descriptive, projective, bibliographic documentary study aimed at providing answers or solutions to problems posed in a certain practical reality. Therefore, in this innovative process the participation of all the key actors involved is fundamental; community, universities, researchers. It is concluded that the in situ conservation of the coastal ecosystem of Cabo de la Vela in La Guajira will depend on the availability of information on the distribution of coral species, and the use of indicators under an ecorregional approach based on scientific knowledge of this discipline.

Keywords: abiotic; biotic; runoff; ecological integrity; sedimentation; upwelling.

Recibido: 17 de marzo de 2022
Aceptado: 22 de octubre de 2022



Introducción

Los ecosistemas marinos costeros están intrínsecamente ligados a una amplia gama de plantas, animales, microorganismos y moléculas orgánicas marinas necesarias para las comunidades bióticas que coexisten en los ecosistemas más heterogéneos de la tierra, un mundo caracterizado por la presencia de sales disueltas que origina el agua salada como factor clave para asegurar la supervivencia de la flora y fauna marinas, formando así lugares llenos de vida en manglares, arrecifes de coral, costas rocosas y zonas costeras (Invemar, 2020). Sin embargo, varios estudios han concluido que los ecosistemas de arrecifes de coral se degradan irreversiblemente a menos que se tomen medidas de conservación (Batista-Morales et al., 2010).

A este respecto, las características estructurales y funcionales específicas de los ecosistemas marinos influyen en la biología de la conservación como un enfoque disciplinario integrado que estudia los ecosistemas perturbados por la actividad humana (Invemar, 2020) Esta labor adopta como propósito del artículo un enfoque temático centrado en: a) comprender desde la integridad ecológica el valor de especies coralinas, b) hacer frente a los efectos de las presiones y amenazas sobre la biodiversidad de las zonas marinas costeras, c) facilitar el monitoreo como herramienta de enfoque ecosistémico en pro de la conservación de especies coralinas, d) crear indicadores focales de cobertura para el monitoreo y conservación de especies coralinas en el ecosistema costero.

En este contexto, el presente documento constituye una herramienta que permite monitorear a largo plazo los indicadores más importantes en las formaciones coralinas. En tanto, proporciona la información necesaria para crear e interpretar datos, tener valores ecosistémicos saludables y fluctuaciones permisibles después del inicio del monitoreo, por lo que puede ser utilizado por las autoridades locales involucradas en la gestión, manejo y conservación de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela, en el Departamento de La Guajira colombiana, privilegiado por su ubicación geográfica en zona tropical bañada por las aguas del Mar Caribe y el Océano Atlántico (Figura 1), que la hace poseedora de una costa ecosistémica robustamente rica protegida bajo una determinada categoría de gestión como reserva marina nacional Sin embargo, los arrecifes coralinos son escasos (Batista y Díaz, 2010).



Figura 1. *Mapa de información base para la zona costera del departamento de La Guajira, privilegiando el Cabo de la Vela.*
http://www.invemar.org.co.pdf

La afirmación anterior no garantiza que dicha protección sea sostenible debido a la exposición de una amplia gama de eventos externos, especialmente en áreas silvestres protegidas que inhiben su crecimiento, ocasionando: fragmentación, degradación y pérdida de hábitat, vulnerabilidad de especies a nivel comunitario y en riesgo de extinción a nivel local y regional (Bernal et al., 2006). Por lo tanto, contar con indicadores confiables, efectivos y medibles permitirá analizar acciones de manejo e identificar fuentes de presión y mitigar daños, todo ello con el objetivo de preservar estos entornos ecosistemicos.

Sobre el asunto, Alonso et al., (2008), en su documento "Prioridades de conservación *in situ* para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano, "los arrecifes coralinos son una de las especies de la diversidad marina focal de manejo prioritario en la Península de La Guajira y de la Costa Caribe colombiana" (p.5), lo que representa el inicio de una serie de esfuerzos orientados a la biodiversidad marina que en estos tiempos esperan respuestas representativas, efectivas y completas a nivel local y regional, eficazmente gestionadas y ecológicamente protegida que permite comprender desde la integridad ecológica el valor de especies coralinas. Este esfuerzo apoya los objetivos del Plan Estratégico del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2012), el Plan de Aplicación de la Cumbre de Desarrollo Sostenible y las metas de desarrollo del Milenio. Igualmente, a nivel nacional en el marco del Portafolio de Investigaciones del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar, (2009 – 2012).

Partiendo de los supuestos anteriores y debido a las características únicas del ecosistema costero del Cabo de la Vela en la península de La Guajira que se abre como un mosaico de los ecosistemas marinos y costeros, con arrecifes de coral (muy limitado), mamíferos acuáticos, manglares y humedales, entrelazados en perfecta armonía con aquellos continentales complejos e inescrutables como el bosque húmedo tropical y el desierto, en virtud de ello se puede inferir, son razones para generar un perfil explicativo que dé pie al monitoreo y consecuentemente a la conservación de las especies coralinas de este ecosistema costero; siendo los arrecifes coralinos, uno de los elementos focales de manejo priorizado en esta zona del departamento donde se resalta su diversidad y extensión.

Al respecto, las formaciones coralinas en esta zona de La Guajira colombiana, representa escenarios de gran interés, tanto desde el punto biogeográfico como ecológico (Fajardo, 2009), al estar en lejanía de los centros poblados (urbanos – rurales) se han mantenido en pequeñas proporciones a través del tiempo en estado de conservación, a sabiendas que la acción del hombre ha contribuido a la contaminación y disminución de los ecosistemas (Groves et al., 2010). Es por esto que factores como el oleaje y la profundidad son necesarios para determinar el patrón estructural de las formaciones coralinas del Cabo de la Vela, estudiadas con algún detalle en informes no publicados (Integral, 2012; Ecology and Environment, 2013, Invemar, 2018), lo que permite establecer un aporte consustancial al monitoreo y conservación en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira, Colombia.

El Cabo de la Vela (Figura 2) geográficamente es un accidente costero que se encuentra situado en el extremo norte de la Península de La Guajira, en el sur del mar Caribe. Posee una altura de 47 msnm, 12º 13`N 72º 09`O. Con temperatura ardiente de desierto, rondan los 30º C en promedio, en la vecindad del mar hay humedad debido a los vientos; en el interior la sequedad es total.





Figura 2. *Mapa de La Guajira, ubicación Cabo de la Vela.*
http://www.uribia-laguajira.gov.co

Las formaciones coralinas se concentran sobre los costados occidental y sur de la península que abarca el Cabo de la Vela (Figura 3), desarrollándose desde el nivel medio de marea hasta unos 4m de profundidad. Las costas de este territorio se caracterizan por ser generalmente semiárido y salinos; con plataforma continental amplia y fondos predominantemente arenosos



Figura 3. *Zona de referencia Cabo de la Vela.*
http://www.uribia-laguajira.gov.co

De otra parte, los vientos del este y noreste generan fuertes oleajes, condicionan el clima, transportan particular arcillosas que se vierten en el mar y hacen que el agua sufra el fenómeno de turbidez, propician además la ocurrencia de una surgencia[1] perjudicial para los arrecifes de coral y no propicias para la formación de coralina por su impacto en el escaso desarrollo y reducida diversidad (Santodomingo et al., 2011). Lo expuesto, termina siendo desafiante para La Guajira. No obstante, en algunas áreas existen formaciones coralinas, a pesar de tener niveles de surgencia considerables, la presencia de especies coralinas y la formación de aglomerados arrecifales, resultan peculiares y dignas de mención.

Se considera relevante indicar sin la intención de dejar de lado el escenario de estudio, que a unos 3 km muy cerca de la zona de referencia y a profundidades entre 9 y 12 m, se localiza según lo señala (Borrero et al., 1996), un área de un tapete coralino relativamente extenso, establecido sobre un sustrato duro de material calcáreo y algas costrosas donde se distinguen diversos octoco-rales de los géneros Pseudo-

[1] Se usa para referir al movimiento de aguas profundas hacia la superficie, las cuales son más frías y ricas en nutrientes que las aguas superficiales. La surgencia se genera principalmente por la interacción de los vientos, las corrientes marinas.

pterogorgia, Eunicea, Plexaura, Muricea, Plexaurella y Pterogorgia. Muy dispersas se observan colonias costrosas de los corales pétreos Diploria strigosa, Porites astreoides y Millepora sp, además de algunas esponjas vasiformes. Lo anterior es complementado por Rodríguez et al., (2010) al manifestar que a menor profundidad y distribuidos discretamente en las inmediaciones del Cabo de La Vela, a unos 500m se localizan algunos tapetes coralinos de poca extensión.

En líneas generales, las transformaciones coralinas con mayor influencia en la Península de La Guajira, se desarrollan en la parte interna de la bahía de Portete. Esto tiene su sustento en los estudios previos realizados en su oportunidad por Prahl y Erhardt (1985), Díaz et al. (1988), Invemar (1992) y Solano (1994), quienes observaron manglares de poco desarrollo en la bahía a una profundidad no superior a 18 m. Lo que obedece según lo indica El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam (2018).

En la actualidad, en estos lugares los arrecifes son protegidos o hacen parte de sistemas nacionales de áreas protegidas, logrando preservar y mantener estos ecosistemas, de gran importancia ecológica y económica. La alta vulnerabilidad de las zonas arrecifales requiere de información básica en materia de identificación y caracterización, puesto que las condiciones climatológicas globales están generando cada vez más modificaciones en el ambiente en el que estos organismos se desarrollan causando severos efectos en la salud coralina, lo que refleja la importancia de la integridad ecológica tópico que se desarrolla a continuación.

Comprender desde la integridad ecológica el valor de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela, en el departamento de La Guajira

Proteger la integridad ecológica[2] de los ecosistemas en el Cabo de la Vela, departamento de La Guajira, es el equivalente a considerar según el pensamiento de Parrish et al, (2013) el seguimiento y evaluación de la biodiversidad en forma rigurosa y práctica, atendiendo a una metodología de formaciones coralinas que sirvan como herramienta para el manejo, conservación y preservación de este elemento focal ecosistémico, esto implica poner en práctica indicadores para el monitoreo ecológico de la especie coralina en el sistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira como escenario de estudio. Indudablemente, se hace necesario conocer, manejar y comprender una serie de términos clave para la aplicación de la metodología que se describe en el apartado respectivo de este documento. En términos de la referencia, a continuación (Figura 4), se describe una triada de términos priorizados de forma clara y precisa a saber:

[2] Capacidad de un sistema ecológico de soportar y mantener una comunidad de organismos, cuya composición de especies, diversidad y organización funcional son comparables con los hábitats naturales dentro de una región particular.

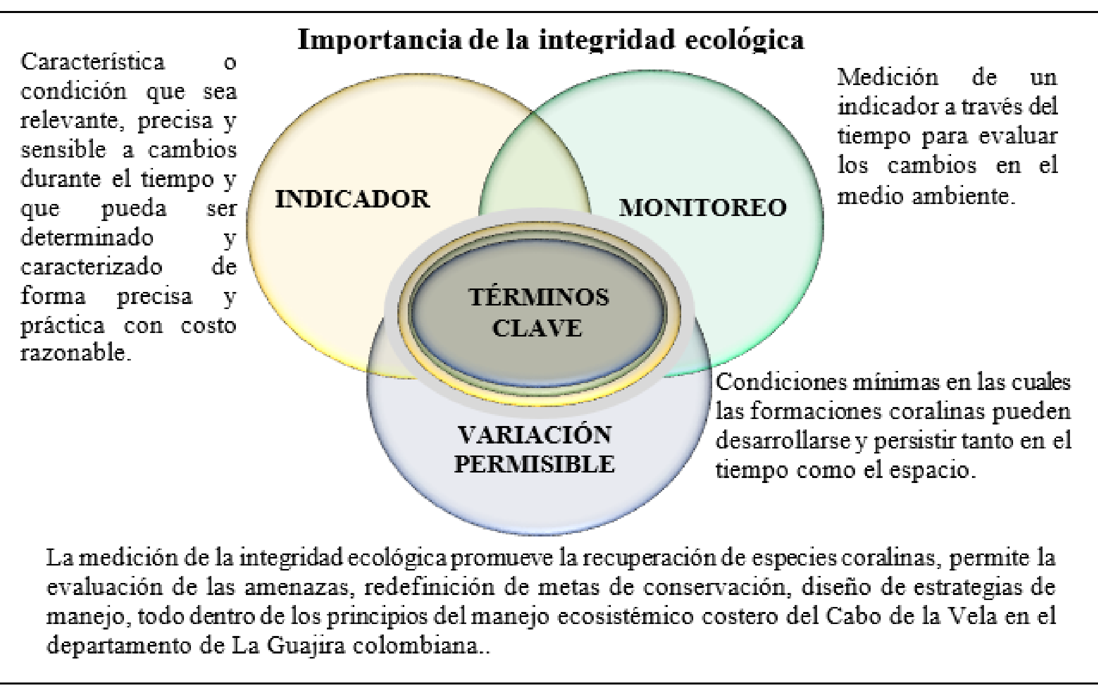


Figura 4. *Importancia del trinomio clave para la integridad ecológica*
Fuente: *Parrish et al, (2013), adaptado por el investigador (2022)*

Generar un perfil explicativo para comprender la integridad ecológica conducente al monitoreo y consecuentemente la conservación de las especies coralinas del ecosistema costero del Cabo de La Vela, es necesaria su fundamentación en los aportes de investigadores como: Goreau y Wells (1967), Fishelson (1973), Graus y Macintyre (1989), Garzón-Ferreira y Cano (1991), Pearce (1994), Haywick y Mueller (1997) y Bernal (2012), como punto de partida, se definen los siguientes conceptos: Corales, importancia de arrecifes de coralinos, tipos de arrecife, taxonomía de corales y unidad ecológica del paisaje.

Concepto	Definición
Corales Garzón y Cano (1991)	Pertenecen al phylum Cnidaria y a la clase Anthozoa, e incluye más de 6000 especies, tienen la figura de un cilindro elongado con un extremo aboral fijo al substrato y uno oral con tentáculos. Los pólipos coralinos son anemonas coloniales, que producen un esqueleto que se denomina coral, polipero o corallum. Los corales son carnívoros y suspensivoros, pero también son simbiontes con zooxantelas, las cuales son algas verde-azules en las que zooxantela proporciona azucares, glicerina y aminoácidos, entre otros, en tanto que le pólipo coralino retribuye dióxido de carbono, nitrógeno y fosfatos.
Importancia de arrecifes de coralinos (Fishelson, 1973)	Son formaciones semejantes a grandes rocas que resultan de la acumulación de esqueletos de carbonato de calcio de los corales. Son los ecosistemas bénticos que sustentan la mayor diversidad de especies en el medio marino y están constituidos por una asociación de organismos secretores de carbonato de calcio, de esqueletos calcáreos, algas y corales. Los arrecifes de coral no sólo brindan refugio a una gran cantidad de organismos marinos, sino que también suplen la arena calcárea y blanca de las playas y protegen la costa de la erosión.

Tipos de arrecife (Pearce, 1994)	Son una comunidad marina de aguas poco profundas cercanas a la costa, dominada por comunidades coralinas y estructuras rocosas, con una gran diversidad de especies de algas, invertebrados y peces. Pueden ser coralinos, rocosos, mixtos y artificiales. Entre estos ecosistemas existe una relación muy importante donde organismos en palabras de, juveniles de peces e invertebrados de diferentes especies pasan su periodo de larva y juvenil en zonas de manglares y pastos marinos. Una vez que llegan a la etapa adulta, migran a los arrecifes en donde se reproducen. Pocas horas después las pequeñas larvas harán su viaje a los manglares y pastos en donde crecerán hasta alcanzar el tamaño necesario para poder regresar al arrecife y el ciclo vuelve a repetirse.	
Taxonomía de corales (Graus y Macintyre, 1989)	Los corales pertenecen al reino Animalia y al filum Cnidaria, (Hydrozoa, organismos pólipos solitarios y coloniales); Scyphozoa, (medusas); y Anthozoa (anemonas y corales). Los corales pertenecen a las clases Hydrozoa y Anthozoa.	**a) Hydrozoa**: a esta clase pertenecen los corales de fuego (familia Milleporidae) y los corales de encaje (familia Stylasteridae). Los Hidrocorales se confunden a menudo con los corales pétreos, ya que tienen un esqueleto duro, calcáreo, pero sólo son similares en apariencia.
		b) Anthozoa: todos los otros corales pertenecen a la clase Anthozoa. Los organismos que pertenecen a la clase Anthozoa pueden agruparse en una de las dos subclases principales: Hexacorallia y Octocorallia. Cada una de estas subclases se divide en varias órdenes y familias siguientes.
Unidad ecológica del paisaje Goreau y Wells (1967)	Particulariza las especies coralinas dominantes o asociaciones de ellas y los grupos mayoritarios como algas, zoantídeos, esponjas y octocorales. Factores ambientales como profundidad, naturaleza e inclinación del sustrato, intensidad del oleaje y susceptibilidad a derrumbes terrestres fueron estimados a lo largo de la bahía, debido a ser determinantes en la estructura y composición de las comunidades arrecifales. Por último, se estimó el porcentaje de cobertura de tejido coralino vivo, el cual permita dar una aproximación preliminar del estado actual de dichas formaciones.	

Fuente: elaboración propia

Los arrecifes coralinos en la realidad del Cabo de la Vela, hacen parte de los ecosistemas más complejos de la biosfera. Se basan en la asociación biológica entre una parte animal, una parte vegetal y un microorganismo fotosintético que le permite al arrecife actuar simultáneamente como un productor primario y como un acumulador de carbonato de calcio. Dentro de los arrecifes coralinos los peces arrecifales son una parte fundamental ya que los mismos favorecen la dinámica alimenticia y morfológica. Así lo dan a conocer investigaciones realizadas por (Rodríguez et al., 2010; Ruedas et al., 2010; Vivas-Aguas, 2007; Velasco y Barros, 2008; Vásquez, 2000). Teniendo en mente la premisa anterior, es claro también que las corrientes frías de aguas marinas alrededor del Cabo de la Vela, hace distinguible a esta región, donde las especies coralinas están mejor desarrolladas y existen especies de peces como Gramma loreto, G. melacara, Acanthem-blemaria aspera y Lucayablennius zingaro entre otros, que no soportan las condiciones de las otras regiones en el Caribe colombiano (Rueda et al., 2010).

Efectos de las presiones y amenazas sobre la biodiversidad de las zonas marinas y costeras en la realidad del Cabo de la Vela en La Guajira

Dentro de los ecosistemas marinos se encuentra una multiplicidad de arrecifes, entre ellos, los coralinos, que según la literatura científica representan la mayor biodiversidad como lo plantean César y Chong (2004) albergan cerca del 25% de las especies marinas hasta hoy conocidas. Sobre el asunto Bellwood et al., (2004), indica que sus principales constructores son los corales, los cuales dan estructura al ecosistema al contribuir con la acumulación de carbonato de calcio. Se puede inferir entonces desde la perspectiva ecosistémica que los arrecifes de coralinos entre otras fuentes de importancia son los encargados de producir arena, proteger a las zonas costeras del efecto de tormentas y huracanes. No obstante, a nivel global son uno de los ecosistemas de mayor riesgo por la acción del hombre, así lo señala Van Oppen y Gates (2006)

En el mismo orden de ideas, Velasco et al., (2008), acotan que los arrecifes coralinos en el Norte de La Guajira, se encuentran bajo la influencia de escorrentía[3] y sedimentación terrestre costera, siendo la principal amenaza de especies coralinas. En efecto, los arrecifes de esta zona presentan una baja cobertura de coral vivo atribuido a la alta sedimentación (Rueda et al., 2010). En consecuencia, se estima que la proliferación de la especie coralina en esta zona de La Guajira colombiana, ha disminuido su cobertura atribuible a factores naturales como antropogénicos, blanqueamiento masivo, la sobrepesca, aumento en la eutrofización[4], el desarrollo costero sin regulaciones, deficientes prácticas turísticas, la sedimentación, los huracanes y el cambio climático (Fonseca et al. 2006).

De hecho, así lo exponen Cabrera et al., (2016), Santodomingo et al. (2011), Fajardo (2009), este ecosistema está bajo una presión cada vez mayor por parte de los humanos y la naturaleza, lo que provoca una rápida extinción. Los hábitats están fragmentados y degradados, y las especies se ven afectadas a nivel de comunidades marinas, en peligro de extinción, a escala local y regional. Además, las prácticas actuales de control en los niveles de captura y métodos de pesca, y de regulación del uso de las playas (Costas) y espacios marinos, ya no son suficientes para hacer frente a la complejidad y magnitud de estas amenazas.

Es así como se justifica que las comunidades coralinas sean consideradas dentro de un rango de importancia entre las de fondos de la plataforma y salud continental, y se sugiere que estos ecosistemas se incluyan como prioritarios a conservar dentro de las normativas de gestión para su protección. Sin embargo, el estudio realizado por Velasco et al., (2008), demuestran que es posible que el impacto causado por la pesca de arrastre por pobladores de la zona del Cabo de la Vela en el Caribe colombiano, haya sido minimizado y que la naturalidad de estos ecosistemas esté en riesgo.

Sintetizando y a criterio del investigador se puede inferir que las características ambientales actuales, la historia geológica, y las interacciones biológicas intervienen conjuntamente en el desarrollo y estructura de las formaciones coralinas, formando una relación compleja entre factores abióticos y las comunidades que allí se desarrollan, expresándose en las unidades ecológicas de paisaje, las cuales se definieron de acuerdo al tipo de sustrato, desarrollo, geomorfología, especies dominantes, profundidad, inclinación del fondo, oleaje y susceptibilidad a perturbaciones.

Por las razones sucintas aquí expuestas, es fundamental ampliar el conocimiento en relación con estas especies (coralinas – peces coralinos), de modo que sean fuente de discernimiento por las nuevas generaciones o generación de relevo. Desafortunadamente, las acciones del hombre de exploración, explotación y comercialización de los frutos marinos de una forma directa e indiscriminada están dañando toda la riqueza biológica de la Costa Caribe colombiana con impactos negativos en toda su extensión (cerca y lejos de las orillas).

Monitoreo como herramienta para aplicar el enfoque ecosistémico en pro de la conservación de especies coralinas

Plantear acciones prácticas para revertir el deterioro ecosistémico, implica un monitoreo novedoso de los arrecifes en las zonas costeras al considerar que el ritmo acelerado de extinción va más de prisa que los procesos de conservación (Cabrera et al., 2016) En este sentido, cobra fuerza el monitoreo como herramienta que proporciona como lo indican Van Oppen y Gates (2006), "un mayor conocimiento de

[3] Corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial que alimenta a los ríos, mares, océanos, embalses o cuencas, causante de la erosión de diversos terrenos.
[4] Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino que causa proliferación de algas marinas

estos impactos, haciendo más natural la aplicación de acciones a fin de reducir su vulnerabilidad" (p. 123), de ellos se desprende un interrogante ¿Será posible que los esfuerzos por conservar el ecosistema no son los suficientes o quizás no se esté haciendo uso de las herramientas adecuadas?

La respuesta a este interrogante pudiera estar secundada por un monitoreo arrecifal activo el cual según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP, (2018), facilita la toma de decisiones de manejo con datos confiables y comparables, para proteger, conservar e incrementar con éxito el ecosistema coralino del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira en el largo plazo, para lo cual es fundamental una cronología conservacionista de dichos arrecifes de coral teniendo en cuenta: a) estandarización, tiene que ver con una metodología estandarizada para el monitoreo de arrecifes con coral en zona costera del Cabo de la Vela, b) protocolo de monitoreo, hace referencia a la capacitación en manejo, análisis y elaboración de bases de datos confiables y comparables, c) trabajo regional, en lo referente a la recopilación y análisis de la información de los monitoreos para determinar el estado de conservación de este ecosistema rico en biodiversidad que vale la pena consérvalo ya que ofrece oportunidades como zonas de crianza de esta y otras especies marinas en esta área protegida de La Guajira.

Por ello, es necesario el monitoreo como herramienta de enfoque ecosistémico necesario para incrementar acciones de manejo estratégico que aseguren la conservación de los ecosistemas y consigo las especies coralinas. Estas acciones como ya se ha insistido deben enfocarse en promover e incrementar la participación e información de las comunidades aledañas sobre formas y maneras de conservar estos frágiles ecosistemas, de esta forma se pudiera garantizar los servicios ecosistémicos que ofrecen los arrecifes al tiempo que se minimizan las amenazas mediante el uso de indicadores focales de cobertura.

Indicadores focales de cobertura para el monitoreo y conservación de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira, colombiana

Teniendo en cuenta estos criterios de búsqueda, un aporte para el monitoreo y conservación de especies coralinas, según los autores de este estudio, viene dado por indicadores, los mismos requieren de dos aspectos fundamentales entre ellos: el primero un conocimiento de las indicaciones de la especie, el segundo de una aplicación correcta de la metodología a fin de lograr prácticas previas a la implementación protocolar. Ahora bien, los indicadores que se pudieran considerar en relación con la especie coralina según lo plantea Schuhmacher (2018), están referidos a: a) porcentaje de cobertura coralina, b) porcentaje de cobertura de algas, c) abundancia y diversidad de peces, c) abundancia y diversidad de macroinvertebrados y d) complejidad arrecifal. Sobre el asunto se señala la premisa del Sistema Nacional de Áreas de Conservación – SINAC - (2018), al indicar:

En consideración, al ser los arrecifes coralinos en el Cabo de la Vela, Península de La Guajira, uno de los ecosistemas marinos, si se puede decir, más vulnerables ante el cambio climático, se hace fundamental según lo expone Cabrera y Donoso (2016), el análisis del impacto que causa a la especie producto de la variación de las temperaturas del agua a efectos de la acidificación del Océano Atlántico. A criterio de los autores de este documento se infiere que la participación comunitaria se perfila como un aspecto importante, ya que su involucramiento permitirá la creación de diversos instrumentos y programas de preservación y conservación a través de monitoreo ecosistémico de los arrecifes de coral, evidentemente permitirá la generación de información para la modificación de acciones y programas de manejo diseñados para tal fin.

Para la construcción y diseño de indicadores se deben establecer los criterios de referencia, restauración y control de esta área costera en La Guajira, debido a las características de zona protegida del Cabo de la Vela y a las de conservación, geomorfología y otros factores de los arrecifes coralinos pueden varia en

tamaño y extensión, a pesar de ello, las estaciones permanentes deben ser homogéneas, es decir deben tener la misma disposición, distribución, tamaño y profundidad entre otras variables. Tienen importancia entonces, los indicadores focales de cobertura para el monitoreo y conservación de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira, los cuales se presentan en el aparte de resultados de este documento.

Materiales y métodos

Este apartado se reserva para describir y explicar de forma detallada la metodología a emplear, las actividades, materiales (recursos empleados) y procedimiento (paso a paso) inherentes a un proceso investigativo. Por lo tanto, de acuerdo al propósito previamente planteado se encuadra en el tipo de investigación proyectiva apoyado en el pensamiento de Corbetta (2013), cuando señala que este tipo de estudio en el caso de las Ciencias Naturales, están orientados a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad o necesidad de tipo práctico, en un área particular del conocimiento. Asimismo, es documental o bibliográfica por cuanto permite el conocimiento previo vinculante con los antecedentes y premisas de quienes han escrito sobre el tema objeto de estudio (Hernández et al., 2017).

De igual forma, también se considera de campo, ya que se conoce el "donde", es decir, el escenario que tiene lugar la recolección de datos de manera directa de la realidad en su ambiente natural, con la aplicación de formatos y hojas de datos que dan cuenta de que los datos son primarios, observando, indagando o interrogando a las personas vinculadas con la problemática, sin manipular o controlar las variables, ya que se contribuye a perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta y desenvuelve el hecho a estudiar.

En consideración, diseñar la propuesta y lograr una estructura que permita el monitoreo y conservación en sitios permanentes en arrecifes coralinos en el Cabo de la Vela del Caribe colombiano como aporte de este documento, se tuvo en cuenta las fases de César y Chong (2004) y la metodología de planificación ecorregional ideada por Groves et al., (2000), como mecanismo sustancial en el monitoreo y la conservación de la biodiversidad, por su enfoque en áreas marinas funcionales, así como por su énfasis en la representatividad de las especies, comunidades y sistemas dentro de una ecorregión específica adaptado por el investigador a las necesidades y requerimientos de información particulares del Caribe colombiano específicamente en el Cabo de la Vela en La península de La Guajira. A continuación se describen las fases en cuestión:

*Fase I. Participativa (Experiencia básica en monitoreo), c*on 3 transectos paralelos a la costa se cuantificará la cobertura inferior (fondo) y se medirá por medio de la metodología del punto de intersección (Punto Intercepto), que consiste en determinar el tipo de sustrato en una cinta métrica cada 20 cm, comenzando a 20 cm de cada sección o transecto y terminado en las líneas de metro 10, 25 y 40, según corresponda. Los arrecifes de coral se identificarán como un grupo de "Corales duros" y también se incluirá su estado de salud, ya sea vivo, blanqueado, enfermo o muerto. Para el caso de las algas, se preservarán cuatro tipos morfológicos o morfotipos: macroalgas, crustáceos de coral (algas coralinas costrosas), algas filamentosas (hierba), cianobacterias. Asimismo, se calcularán porcentajes de otros sustratos así: a) *Biológicos (bióticos)* en las siguientes categorías: esponjas, corales blandos, invertebrados sésiles y otros, b) *Abióticos* en las siguientes categorías: sedimentos (partículas finas, que pueden suspenderse fácilmente en la columna del

agua), arena (de grano grueso, que se hunde rápidamente hasta el fondo), grava (pequeñas rocas sueltas en el fondo) y rocas (sustrato sólido no incluye ningún elemento pre-biológico).

Fase II. Institucional (Experiencia intermedia en monitoreo), con 3 transeptos paralelos a la orilla, se cuantificará la cobertura del fondo y se medirá por medio de la metodología del punto de intersección (Punto Intercepto), que consiste en determinar el tipo de sustrato en una cinta métrica cada 10 cm, comenzando a 10 cm de cada sección o transecto y terminado en las líneas de metro 10, 25 y 40, según corresponda. Los arrecifes de coral se identificarán por nivel de especie, y también se incluirá su estado de salud, ya sea vivo, blanqueado, enfermo o muerto. Para las algas, se preservarán cuatro tipos morfológicos o morfotipos: a) macroalgas calcáreas o escamosas, b) algas coralinas costrosas o frágiles, c) algas filamentosas (hierba), d) cianobacterias. Asimismo, se identificarán específicamente: Macroalgas (Caulerpa sertularoides), la presencia de Rodolitos como una categoría aparte, dada su importancia ecológica.

Por otra parte, las proporciones de otros sustratos biológicos (bióticos) se calculan en las siguientes categorías: a) esponjas, b) corales blandos, c) invertebrados sésiles y d) otros. De la mismo forma los sustratos Abióticos en las siguientes categorías: a) sedimentos (partículas finas, que pueden suspenderse fácilmente en la columna del agua), b) arena (de grano grueso, que se hunde rápidamente hasta el fondo), c) grava (pequeñas rocas sueltas en el fondo) y d) rocas (sustrato sólido no incluye ningún elemento pre-biológico).

Fase III. Científica (Experiencia alta en monitoreo), con 3 transectos paralelos a la orilla, se cuantificará la cobertura del fondo, mediante la utilización de cuadrículas de 1 m^2 divididos cada 10 cm, donde se calcula el tipo de fondo existente. Para los corales específicamente, se cuenta el número de células de arrecife (representados en cuadros) por especie y niveles de estado de salud; Ya sea vivo, blanqueado, enfermo o muerto. Para las algas, se preservarán cuatro tipos morfológicos o morfotipos: a) macroalgas, b) algas coralinas costrosas o frágiles, c) algas filamentosas (hierba), d) cianobacterias. Las microalgas se identificarán a nivel de género y la presencia de Rodolitos se identificará como una clase distinta debido a su importancia ecológica. Además se calcularán los porcentajes de otras especies de sustratos biológicos como: a) esponjas, b) corales, c) invertebrados sésiles, d) vertebrados (zoántidos), entre otros. Asimismo de sustratos abióticos en las siguientes categorías: a) sedimentos (partículas finas, que pueden suspenderse fácilmente en la columna del agua), b) arena (de grano grueso, que se hunde rápidamente hasta el fondo), c) grava (pequeñas rocas sueltas en el fondo) y d) rocas (sustrato sólido no incluye ningún elemento pre-biológico).

Resultados y discusión

El carácter sistematizador de la consulta bibliográfica permitió la búsqueda de aspectos clave que dan pie al análisis de la riqueza de especies coralinas relacionadas con la gran variedad o diversidad de hábitats marinos, presencia de aguas frías de surgencia e historias geológicas variadas producto de los estudios ya realizados en relación con la temática abordada. No obstante, la ausencia de ciertos géneros de corales y macroalgas típicas de aguas tropicales, parecen indicar que la flora coralina de la Península de La Guajira, pertenece a un área fitogeográfica diferente a las existentes en el resto del Caribe colombiano.

Lo anteriormente expuesto, tiene una correspondencia directa con el pensamiento de Solano (1994), al señalar: con la presencia de endemismos en algunos grupos de invertebrados en la región, se ha sugerido

que el área de La Guajira, específicamente en la zona del Cabo de la Vela, puede ser considerada como una subprovincia biogeográfica[5]. Sin embargo, los trabajos que se han realizado sobre algas y coralinas marinas y que han sido de consulta en este documento (Díaz, et al., 1988; Solano, 1994; Vásquez, 2000; Vivas-Aguas, 2007; y otros realizados por Simac (2016); Invemar (2018), evidencian que son bastantes escasos y el panorama que se tiene de la distribución geográfica de estas especies marinas en La Guajira es limitado. Ahora bien, como estrategia para la conservación *in situ* de especies coralinas en el ecosistema costero, sería colocar sobre el tapete un manual de monitoreo el cual debe representar el inicio de una serie de esfuerzos dirigidos a preservar la biodiversidad marina con mecanismos efectivos y completos sobre Áreas Marinas Protegidas a nivel local y regional, competentemente gestionados y eco-sistémicamente representativos.

A partir de lo anterior, el investigador autor de este documento infiere que es necesario trazarse metas creíbles y alcanzables en cuestiones ecosistémicas y gestión de sitios y redes de áreas protegidas con una ponderación inicial mínima de 30%, luego 60% hasta lograr un 100%. Para conservar ecosistemas o hábitats marinos y por ende de las especies que lo componen, los diferentes tipos de fondos sedimentarios y las áreas de surgencia costera garantizando así su viabilidad en el futuro. Esto es así, ya que los resultados alcanzados por Invemar a partir de la ejecución de los programas de investigación y monitoreo efectuados durante los años (2013 – 2018) y los del área protegida de recursos manejados en la Península de La Guajira, correspondientes a los años (2012 y 2017), le han permitido al investigador, contar con información suficiente y actualizada a fin de lograr una estructura robusta de líneas de acción y acciones de manejo para monitoreo y conservación de especies coralinas.

Por tanto, la información adquirida ha aportado los insumos necesarios para elaborar el Manual que favorezca el monitoreo i*n situ* y la conservación de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira colombiana, en términos normales. De acuerdo a lo anterior, se adopta la metodología y características del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC – (2002) con base en los siguientes criterios: a) importancia de la variable al favorecer o limitar el desarrollo normal de los arrecifes, b) requerimientos técnicos y logísticos para medir la variable.

Manual para favorecer el monitoreo in situ (Arrecifes) y conservación de Especies Coralinas en el Ecosistema Costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira colombiana, en términos normales. Con el diseño de la propuesta se espera cumplir con los siguientes objetivos:

1. Identificar variables físico-químicas y biológicas que favorecen el monitoreo en sitio (Arrecifes) de las especies coralinas para la conservación de la biodiversidad del ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana en términos normales.

2. Analizar las amenazas que afectan directamente las especies coralinas para la conservación de la biodiversidad del ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira.

3. Determinar indicadores de monitoreo en sitio (Arrecifes) con el fin de evaluar en un futuro inmediato posibles herramientas y estrategias de conservación para cada sitio que permita proteger las especies coralinas para la conservación de la biodiversidad del ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana.

[5] Parte de la biología centrada en el estudio e investigación de las causas y los efectos de la distribución de organismos vivos se fundamentan en el análisis de las condiciones convenientes para la aparición, reproducción y extinción en un espacio geográfico.

Variables Físico - Químicas pertinentes para favorecer el monitoreo en sitio (Arrecifes) de las especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana en términos normales	
Temperatura Ambiental y Precipitación Pluvial	Para obtener resultado efectivos de esta variable los datos a obtener (registros) deben ser bajo una periodicidad diaria en un punto cercano del arrecife, ya que por logística no es posible el registro directamente del arrecife. La condición fundamental es que las mediciones reflejen exactamente las condiciones meteorológicas en sitio (Arrecifes), conducente a identificar y posterior interpretación del fenómeno presentado.

Materiales y procedimiento:

Los datos relacionados con la temperatura ambiental y la precipitación pluvial se tomarán del registro informado en la página oficial del IDEAM http://documentacion.ideam.gov.co/variabilidad.pdf Las variables consultadas serán: temperatura ambiente del aire, temperatura máxima y mínima, precipitación media en mm y precipitación acumulada de cada 24 h.

Nubosidad	*Cantidad de nubes en el sitio (Arrecifes):* se mide de acuerdo al número de octavos de la bóveda celeste (octas) a partir de categorías seleccionadas:

Categoría	Cantidad de nubes
0	Despejado
1	1/8 > 0
2	2/8
3	3/8
4	4/8
5	5/8
6	6/8
7	7/8
8	1

Debe evaluarse directamente en la estación arrecifal del ecosistema costero del Cabo de la Vela periódicamente en un horario determinado.

Materiales y procedimiento:

Elegir un lugar estratégico que permita visualizar el cielo en el sitio (Arrecifes).

Dividir la bóveda celeste en cuatro cuadrantes, cada uno de los cuales se subdivide en octas[6] (1 cuadrante= 2 octas).

[6] Es una unidad de medida empleada para describir la nubosidad observable en un lugar dado.

<table>
<tr>
<td>Estado del mar</td>
<td>Escala de Percy Douglas[7]: se observa la superficie del mar y se va anotando su estado bajo la categoría correspondiente. Debe medirse directamente en la estación arrecifal del ecosistema costero del Cabo de la Vela periódicamente en un horario determinado.
<table>
<tr><th>Denominación</th><th>Altura de las olas (m)</th></tr>
<tr><td>0 Calma</td><td></td></tr>
<tr><td>1 Rizada</td><td>0 - 0.1</td></tr>
<tr><td>2. Marejadilla</td><td>0.1 – 05</td></tr>
<tr><td>3. Marejada</td><td>0.5 – 1.25</td></tr>
<tr><td>4. Marejada fuerte</td><td>1.25 - 2.5</td></tr>
<tr><td>5. Mar gruesa</td><td>2.5 – 4.0</td></tr>
<tr><td>6. Mar muy gruesa</td><td>4.0 – 6.0</td></tr>
<tr><td>7. Arboleda</td><td>6.0 – 9.0</td></tr>
<tr><td>8. Montañosa</td><td>9.0 – 14.0</td></tr>
<tr><td>9. Enorme</td><td>> 14.0</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Temperatura del agua superficial (Figura 9)</td>
<td>La literatura científica indica que se debe registrar a 0,5 m de profundidad y en el fondo al iniciar el muestreo, para este caso en particular, directamente en la estación arrecifal del ecosistema costero del Cabo de la Vela con una computadora de buceo. Hacer la lectura de la temperatura justo cuando el termómetro se saca del agua y así obtener un registro preciso.

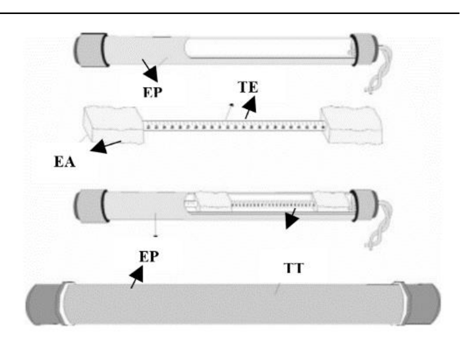


Figura 9. Termómetro para medir la temperatura del agua superficial y su estructura de protección /EP) estructura de protección de PVC, para ensamblar el termómetro, (TE) termómetro, (EA) esquema de alta densidad, (TT) tubo de PVC para transportar el termómetro.
https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j</td>
</tr>
<tr>
<td>Temperatura del agua de fondo</td>
<td>Se utiliza como herramienta de apoyo un registrador de datos para temperatura y humedad “Hobo” debe ubicarse en el fondo tan cerca como sea posible de la estación arrecifal de monitoreo, el cual debe ser calibrado una vez por año según instrucciones su función es registrar una frecuencia de medición permanente.</td>
</tr>
</table>

Materiales y procedimiento:

Termómetros electrónicos o Hobo, computador y software adecuados, cables de conexión, caja sumergible, silicona en crema, cuerda, pastilla de lastre y otros.

Programar el Hobo antes de su instalación en el campo según instrucciones.

[7] Es una escala que clasifica los diferentes estados del mar en 10 grados tomando como referencia el tamaño de las olas.

Transparencia de la masa de agua	Indica la distancia (profundidad) de visualización vertical máxima a la que el disco secchi[8] (dispositivo o instrumento de medición) se ve desde la cubierta de la lancha que bien es observado desde la lancha en la estación arrecifal. Las mediciones se realizarán directamente en la estación arrecifal del ecosistema costero del Cabo de la Vela en un horario determinado previamente programado.

Materiales y procedimiento:

Acérquese lo más posible al arrecife, pero lo suficientemente profundo como para que el disco no se hunda antes de alcanzar el punto de información.

Baje el disco a una posición donde ya no sea visible, luego levántelo lentamente a la superficie hasta que sea visible nuevamente y considere este como el punto máximo visible.

Determinar y registrar la profundidad máxima de referencia.

Tasa de sedimento	 **Figura 5.** Colector de sedimentos https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j Esto se hace colocando trampas en cada estación arrecifal del ecosistema costero del Cabo de la Vela, y como condición deben ser removidos y reemplazados en un período de tiempo no mayor a dos meses. Se requiere para ello de tubos que tienen la función de colectores ubicados en posición vertical para su efectividad (Figura 5), el diámetro interno del recipiente debe ser mayor o igual a 4,5 cm y relación altura-diámetro de 5 a 1.

[8] Un disco Secchi, es un instrumento de medición de la penetración luminosa, y por ello de la turbidez, en masas de agua como ríos, lagos y mares.

Variables Biológicas pertinentes para favorecer el monitoreo en sitio (Arrecifes) de las especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana en términos normales	
Selección de sitio para el monitoreo	La propuestas protocolarias del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC, por las cuales se direcciona esta metodología recomiendan como punto inicial la selección de las localidades protegidas y con buen desarrollo coralino en el ecosistema costero del Cabo de la Vela, a fin de obtener el establecimiento de las estaciones y los transectos[9] permanentes.

Materiales y procedimiento:

Considerando la información y los datos recogidos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana, los sitios seleccionados para instaurar las parcelas, serán escogidos aquellos que por su representatividad del ambiente local presentan las características de buenas condiciones de preservación y conservación.

Proceso:

A través de buceos exploratorios en el área seleccionada se deben escoger por lo menos dos localidades preferiblemente separadas a una distancia no inferior a 500 m, pero que tengan elementos comunes (comunidad arrecifal) entre ellos.

En cada localidad escoger una estación en donde se distribuyan los transectos o unidades muestréales en cada una de las parcelas.

Las parcelas en lo posible deben corresponder a un nivel somero10 (entre los 2 y 5 m) y a un nivel medio (entre los 9 y 12 m)

Generalidades

La inclinación priorizada es preferir las profundidades antes expuestas con el propósito de dar en el blando en relación con el trabajo subacuático e impedir limitaciones por tiempo de buceo.

Idealmente, cada estación tendría dos celdas y cada celda tres transectos que sumados da como resultado un total de seis piezas por estación de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira (Figura 6).

Sin embargo a esto, la distribución puede variar según las circunstancias, ya que depende de las características de cada zona arrecifal.



Figura 6. Monitoreo de Arrecifes Coralinos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j

[9] Muestreo caracterizado por la toma de datos en determinados recorridos prefijados
[10] Hace referencia aquello que se ubica muy cerca de la superficie o por encima de ella.

Instalación de transectos	*Labores previas:* Usando una gota (cuerda) delgada de parafina, crear marcas que permitan la identificación de los transectos en el tiempo. Significa tomar un par de cuerdas provistas de una cierta cantidad de nudos en secuencia de uno a tres, a fin de identificar con eficacia el par de barras (varillas) que componen el transecto. Así lo explica el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC El par de marcas con dos nudos corresponderán al transecto N°2. Es útil construir boyas con bolas de icopor[11] para instalar en algún punto específico de las estaciones, de este modo se facilitara su relocalización (p. 62).

Procedimiento de instalación:

Hacer uso de un GPS para registrar en el sitio seleccionado del arrecife coralino cada estación (parcela) su posición, que facilite el amarre de un par de boyas a media agua que indique la reubicación del sitio desde la superficie.

Mediante la técnica del buceo demarcar los puntos de inicio de los transectos sobre sustratos coralinos muertos. El Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC, recomienda exclusivamente utilizar fósiles de las especies Orbicella faveolata, Siderastrea siderea y Pseudodiploria spp., ya que los mismos facilitan el agarre de las estacas de los transectos.

Perforar el sustrato de forma vertical unos centímetros. Para ello se hace fundamental utilizar un cincel y martillo para la perforación.

Hincar la estaca y golpearla con el martillo hasta que esté bien hincada (verificar que la estaca haya quedado bien agarrada, halándola con fuerza hacia arriba), se recomienda registrar la profundidad de la estaca.

Extender la cinta métrica 25 m desde el punto inicial (hincada de la primera estaca) e instalar la otra estaca conservando en lo posible el mismo nivel de profundidad. Luego medir la longitud exacta del transecto entre los extremos superiores de las estacas.

Amarrar a cada pareja de varillas la cuerda anudada para su plena identificación, asimismo, a cada estaca una boya de icopor para facilitar la reubicación de transectos en el sitio. De la misma manera con los otros dos transectos teniendo la precaución de que los mismos queden separados a una distancia aproximada de 5 m. la ubicación de los transectos dependerá de las características particulares del área arrecifal de las especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira que será monitoreada.

Una vez instalados los transectos en la parcela, acto seguido, se delimitan los transectos amarrando líneas guía (soga de 12 m) entre cada par de estacas.

Dibujar un mapa esquemático (preferiblemente en una tabla acrílica) que contenga:

Ubicación de cada transecto con respecto a: norte geográfico, línea de costa más cercana, los demás transectos, boyas de media agua, isobata (acción de unir los puntos de igual profundidad del fondo de los mares) o alguna característica sobresaliente (conspicua) del fondo (por ejemplo canal de arena).

Además, con ayuda de la cinta métrica, determinar la distancia entre las estacas de los diferentes transectos para incluir esta información en el esquema.

[11] Material plástico espumado, derivado del poliestireno.

También anotar el número que identifica cada transecto y la dirección indicando con una flecha como serán registrados los datos porque así mismo serán muestreados en cada monitoreo.

Muestreo de transectos	*Labores previas al muestreo*
Consiste en preparar la secuencia de elementos del sustrato y su cobertura para cada transecto utilizando el método de punto intercepto mediante el uso de líneas guías y cinta métrica. Los componentes del sustrato se clasificarán en diferentes clases que se recomiendan para la caracterización del sustrato arrecifal.	Alistar el material necesario para iniciar el muestreo: líneas guía, cinta métricas, tabla acrílica y lápiz. Dibujar en las tablas acrílicas los mapas esquemáticos de las parcelas que serán muestreadas, identificando la pareja de estacas (con la ayuda del mapa y las cuerdas anudadas) Asegurar la línea guía lo más templada posible entre las estacas para delimitar el transecto. La línea guía debe sujetarse del extremo superior de las estacas y allí se inicia el registro de datos desplegando la cinta métrica lo más unida posible a la línea guía. Antes de iniciar el registro de los datos anotar el nombre de la estación de las especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira colombiana, el nivel de profundidad, el número del transecto y la fecha del muestreo.

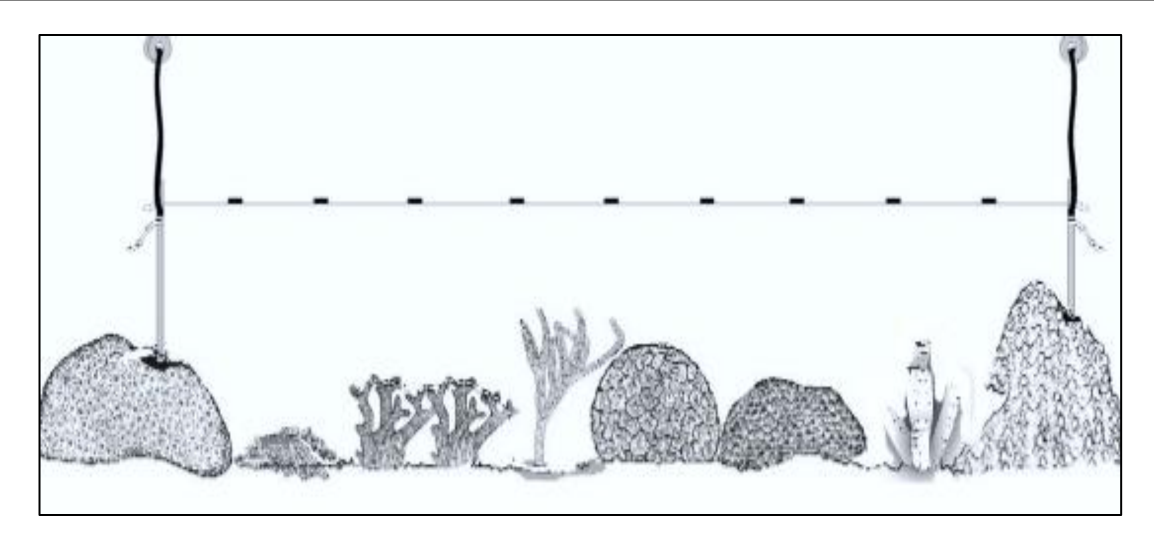


Figura 7. Transecto permanente instalado en la estación arrecifal y posición de la línea guía a lo largo del transecto para estimar la cobertura de organismos sésiles (Tomado del Manual de Métodos del SIMAC, 2002).

Parámetros específicos para comunidades coralinas	Las comunidades coralinas es un ecosistema importante, no solo por su tamaño y diversidad de corales y especies, sino que contribuyen a la estabilidad y protección de la costa y funcionan como un vivero de alimentación y lugar de reproducción (Álvarez-Filip y Bonilla-Mohelo, 2007, p.16). En este sentido, los parámetros para estas comunidades condicionan los arrecifes de coral a lo largo del tiempo, permitiendo describir los cambios en su estructura y biodiversidad (Batista-Morales, y Díaz-Sánchez, 2010, p. 124). Todo ello tiene un impacto en la integridad ecológica en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira

Parámetros:

Porcentaje (%) de cobertura de algas

Porcentaje (%) de cobertura de corales.

Categorías

Corales pétreos

Algas

Gorgonáceos

Esponjas

Otros (Sustratos inertes)

Cobertura de organismos móviles	Debido a su importancia ecológica, debe incluirse dentro del monitoreo la observación de la abundancia de algunos macro-invertebrados de vida libre. El Manual del Método de Monitoreo en Sitios Permanentes en Arrecifes Coralinos del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC – (2002), establece: La unidad de muestreo corresponderá a un corredor de 25x2 m, (Figura 8), cuyo eje central será la línea guía entre las dos estacas que formarán el transecto permanente para el monitoreo (p. 29).

Procedimiento:

Anotar el código del arrecife coralino de cada estación (parcela) en la tabla acrílica, así como también el nivel de profundidad y el número del transecto.

Ubicar un extremo del tubo de PVC preferiblemente de un metro de largo y 1 ½" pulgada de diámetro), a partir de la línea guía para obtener la amplitud del sustrato (un metro) que debe ser examinado.

Iniciar las observaciones detalladas de los costados de la línea guía y buscar en todas las cuevas y grietas presentes en el sustrato arrecifal abarcado un metro de ancho.

Registrar en todos los transectos el número de organismos presentes y otros sustratos (inertes).

Salud coralina	Se determinará sobre la escala del arrecife, a partir de la cual se podrá conocer el daño. En este sentido, los arrecifes de especies coralinas se ven afectados como resultado de una serie de fenómenos locales como la contaminación y la intervención humana. Para evaluar los signos de deterioro así como el estado de salud (enfermedades) se utilizará el mismo método de monitoreo permanente de cobertura de organismos móviles.

Procedimiento:

Anotar el código del arrecife coralino de cada estación (parcela) en la tabla acrílica, así como también el nivel de profundidad y el número del transecto.

Ubicar un extremo del tubo de PVC (preferiblemente de un metro de largo y 1 ½" pulgada de diámetro), aquí se debe tener en cuenta la línea guía para conocer la amplitud del sustrato a ser explorado y que no debe ser superior a un metro.

Observar detalladamente los costados de la línea guía y buscar en todas las cuevas y grietas abarcando un metro de ancho a fin de examinar especies coralinas y la incidencia de enfermedades y signos de deterioro.

Registrar el nivel de especies coralinas con diámetro mayor a 5 cm que se ubiquen dentro del corredor o banda de 25x2 m.

Acto seguido, mostrar conforme el estado de salud de cada estación o parcela como "sana" y las otras con algún signo de deterioro o enfermedad.

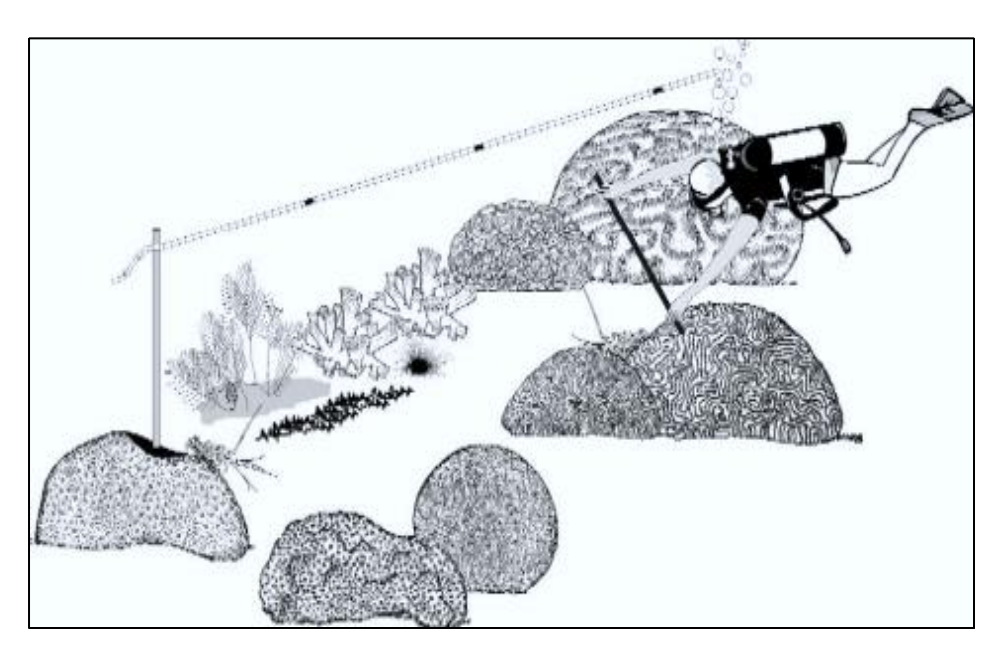


Figura 8. Forma de estimar la abundancia de invertebrados móviles y evaluar la salud coralina en los transectos permanentes. (Tomado del Manual de Métodos del SIMAC, 2002).

Una vez que se completa la recopilación de datos en cada sitio, se importan los valores en un documento de Excel denominado Cobertura de Sustrato. Este documento tiene el mismo formato que se usa en el campo, por lo que la entrada de datos es muy simple. Primero, la información de ubicación debe ser completada en su totalidad en el momento de la recolección como se muestra a continuación:

Datos del sitio evaluado a completar por cada uno de los observadores		
Sitio	Hora	LAT (N)
Fecha	Profundidad	Longitud (W)
Buzo	Visibilidad	

Seguidamente, se ingresan los datos de la misma manera que se hizo en el campo. Aquí se debe tener en cuenta que los datos ingresados deben estar acorde con la tabla de Ingreso de datos con las abreviaturas como se muestra en la tabla siguiente. Una vez ingresado los datos en el documento de Excel, se van acumulando de manera automática el o los promedios y la desviación estándar de cada tipo de sustrato registrado, así como los gráficos que señalan la composición de sustrato en un sitio determinado facilitando una mejor visualización de los mismos.

Ingreso de datos con las abreviaturas																							
m	T1	m	T1	m	T1	m	T1	m	T2	m	T2	m	T2	m	T2	m	T3	m	T3	m	T3	m	T3
0,1		2,6		5,1		7,6		15,1		17,6		20,1		22,6		30,1		32,6		35,1		37,6	
0,2		2,7		5,2		7,7		15,2		17,7		20,2		22,7		30,2		32,7		35,2		37,7	
0,3		2,8		5,3		7,8		15,3		17,8		20,3		22,8		30,3		32,8		35,3		37,8	
0,4		2,9		5,4		7,9		15,4		17,9		20,4		22,9		30,4		32,9		35,4		37,9	
0,5		3		5,5		8		15,5		18		20,5		23		30,5		33		35,5		38	
0,6		3,1		5,6		8,1		15,6		18,1		20,6		23,1		30,6		33,1		35,6		38,1	
0,7		3,2		5,7		8,2		15,7		18,2		20,7		23,2		30,7		33,2		35,7		38,2	
0,8		3,3		5,8		8,3		15,8		18,3		20,8		23,3		30,8		33,3		35,8		38,3	
0,9		3,4		5,9		8,4		15,9		18,4		20,9		23,4		30,9		33,4		35,9		38,4	
1		3,5		6		8,5		16		18,5		21		23,5		31		33,5		36		38,5	
1,1		3,6		6,1		8,6		16,,1		18,6		21,1		23,6		31,1		33,6		36,1		38,6	
1,2		3,7		6,2		8,7		16,2		18,7		21,2		23,7		31,2		33,7		36,2		38,7	
1,3		3,8		6,3		8,8		16,3		18,8		21,3		23,8		31,3		33,8		36,3		38,8	
1,4		3,9		6,4		8,9		16,4		18,9		21,4		23,9		31,4		33,9		36,4		38,9	
1,5		4		6,5		9		16,5		19		21,5		24		31,5		34		36,5		39	
1,6		4,1		6,6		9,1		16,6		19,1		21,6		24,1		31,6		34,1		36,6		39,1	
1,7		4,2		6,7		9,2		16,7		19,2		21,7		24,2		31,7		34,2		36,7		39,2	
1,8		4,3		6,8		9,3		16,8		19,3		21,8		24,3		31,8		34,3		36,8		39,3	
1,9		4,4		6,9		9,4		16,9		19,4		21,9		24,4		31,9		34,4		36,9		39,4	
2		4,5		7		9,5		17		19,5		22		24,5		32		34,5		37		39,5	
2,1		4,6		7,1		9,6		17,1		19,6		22,1		24,6		32,1		34,6		37,1		39,6	
2,2		4,7		7,2		9,7		17,2		19,7		22,2		24,7		32,2		34,7		37,2		39,7	
2,3		4,8		7,3		9,8		17,3		19,8		22,3		24,8		32,3		34,8		37,3		39,8	
2,4		4,9		7,4		9,9		17,4		19,9		22,4		24,9		32,4		34,9		37,4		39,9	
2,5		5		7,5		10		17,5		20		22,5		25		32,5		35		37,5		40	

Hoja de ingreso de datos digital para los indicadores de cobertura de sustrato								
Cobertura de sustrato								
Tipo	sustratos		Abrev.	T1	T2	T3	Promedio	Desviación
Coral vivo	Pollillopora		POC					
	Porites	Lobata	PLOB					
		Panamensis	PPAN					
	Pavona	Gigantean	PGIG					
		Clavus	PCLA					
		Frondifera	PFRO					
		Varians	PVAR					
		Chiriquensis	PCHI					
	Gardineroseris Planulata		GPLA					
	Psammocora Superficialis		PSUP					
	Psammocora Stellata		PSTE					
	Leptoseris Papyracea		LPAP					
Algas	Macroalgas	Carnosa	MCAR					
		Calcarea	MCAL					
	Caulerpa Sertularoides		CSER					
	Algas	Filamentosas	TURF					
		Coralinas costrosas	ACC					
	Rodolitos		ROD					
	Cianobacterias		CIAN					

Otros	Esponjas	ESP					
	Coral suave	SUAV					
	Invertebrado Sésil	INV					
Abiótico	Roca	ROC					
	Arena	ARE					
	Grava	GRA					
	Sedimento	SED					
		TOTAL					

Cada sitio contendrá un documento de Excel y en él, cada pestaña corresponde a un monitoreo rastreado. Entonces el documento debe guardarse con el nombre del sitio correspondiente, cada pestaña interna debe indicar el mes y año en que se realizó el monitoreo. Una vez se tengan los resultados de cobertura, se deben ingresar los promedios en la última pestaña llamada "Variación anual", donde aparece la escala automática.

El color de la banda admisible cambiará en función de los resultados obtenidos en el seguimiento o monitoreo actual en comparación con los resultados anteriores ya ingresados en la hoja de cálculo Excel. Se debe notar que el rango de variación permitido solo refleja la dinámica del sustrato en los corales a lo largo del tiempo y no su estado de salud el cual será determinado teniendo en cuenta el valor de la escala de salud presente en la tabla de cada indicador (Tomado del Manual de Métodos del SIMAC, 2002, adaptado por el investigador 2022).

ÁMBITO DE VARIACIÓN PERMISIBLE								
CORALES	MES Y AÑO							
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ALGAS	MES Y AÑO							
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Simbología

Escala del ámbito de variación permisible para un sitio determinado

CORALES	
	Pérdida de más de 11% de la cobertura de coral vivo
	Pérdida de 6 – 10% de la cobertura de coral vivo
	Pérdida de 0 – 5% de la cobertura de coral vivo

Valores saludables del arrecife

30 A 70% Coral vivo
Menos de 5% Coral blanqueado
Menos de 5% Coral enfermo
Menos de 5% Coral muerto recientemente

ALGAS	
	Incremento de más del 21% en cualquiera de las categorías
	Incremento de 6 – 20% en cualquiera de las categorías
	Incremento de 0 – 5% en cualquiera de las categorías

Valores saludables del arrecife

20 A 40% Tapetes algales
5 a 10% Macroalgas
30 a 50% algas calcáreas costrosas

Con el desarrollo de la proporción (cambios) de cobertura de coral y algas, se conocerá la dinámica y los cambios de los ecosistemas que requieren medidas de gestión. Aunque muchos factores pueden influir en los cambios observados, puede entenderse generalmente como se muestra en la Figura 9, para cobertura coralina y Figura 10, para cobertura de algas según la escala del ámbito de variación permisible.

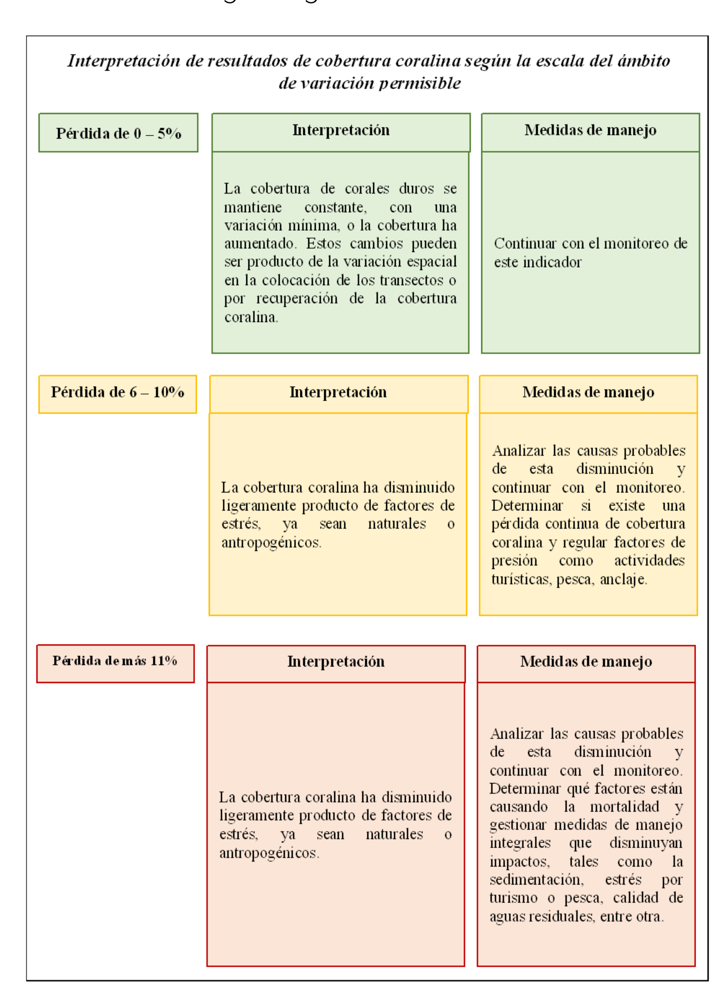


Figura 9. *Interpretación de resultados de cobertura coralina según la escala del ámbito de variación permisible*

Fuente: Manual de Métodos del SIMAC (2002), adaptado por el investigador (2022)

Interpretación de resultados de cobertura de algas según la escala del ámbito de variación permisible

Incremento	Interpretación	Medidas de manejo
Incremento De 0 – 5%	La cobertura de algas se mantiene constante, con una variación mínima, o la cobertura ha disminuido. Estos cambios pueden ser producto de la variación espacial en la colocación de los transectos.	Continuar con el monitoreo de este indicador
Incremento De 6 – 20%	La cobertura de algas ha aumentado ligeramente producto de factores naturales o antropogénicos. Se debe tomar en cuenta los cambios estacionales que presentan algunas macroalgas, los cuales hacen variar la cobertura dependiendo de la época del año.	Analizar las causas probables de este incremento y continuar con el monitoreo. Determinar si existe un aumento continuo de cobertura de algas y regular aquellos factores que la favorecen, tales como aumento de nutrientes producto de aguas residuales o sobrepesca de herbívoros.
Incremento De más del 21%	La cobertura de algas ha incrementado producto de factores externos, ya sean naturales o antropogénicos.	Analizar las causas probables de este incremento y continuar con el monitoreo. Determinar qué factores están causando el aumento y gestionar medidas de manejo integrales que disminuyan impactos, tales como la sedimentación, escorrentía, sobrepesca, calidad de aguas residuales, entre otras. En el caso de Caulerpa Sertularoides es indispensable prohibir el anclaje de las embarcaciones en el sitio y realizar un manejo estricto de las aguas residuales.

Figura 10. *Interpretación de resultados de cobertura de algas según la escala del ámbito de variación permisible*

Fuente: Manual de Métodos del SIMAC (2002), adaptado por el investigador (2022)

Indicadores

Para este documento los indicadores aplican como una herramienta eficaz para valorar la protección del área y a su vez, caracterizar los elementos focales de monitoreo y conservación de especies coralinas conducentes a la verificación en cuanto al cumplimiento de los objetivos funcionales de su creación considerando las tres categorías ideadas por Vivas-Aguas (2007), a saber:

Categoría	Descripción
Tamaño	Mide el área de abundancia u ocurrencia del elemento focal de manejo. Una disminución en el tamaño mínimo y el número de hábitats naturales puede llevar a la desaparición de especies individuales.
Contexto paisajístico	Mide el grado en que los paisajes facilitan o impiden el movimiento de recursos entre diferentes hábitats o comunidades. Directamente relacionado con el grado de conectividad del hábitat, procesos de fragmentación, interrupción o agregación de hábitats.
Condición (composición y estructura)	Mide los procesos bióticos y abióticos dentro de la zona de ocurrencia del elemento focal de manejo. Incluye factores como: reproducción, composición biológica, estructura biológica, características ambientales, perturbaciones naturales y factores abióticos.

Fuente: Vivas-Aguas (2007), adaptado por el investigador (2022).

ELEMENTO FOCAL DE MANEJO (FORMACIONES CORALINA)
Categorías
1 Tamaño
Cobertura
Porcentaje de corales duros
Porcentaje de algas
Porcentaje de Caulerpa sertularoides
2 Condición
Diversidad
Riqueza de peces
Especies de Macroinvertebrados
Abundancia
Densidad de peces según la clasificación
3 Contexto
Complejidad
Índice de rugosidad
A los efectos de este documento solo se tendrá en cuenta para su desarrollo la categoría 1.

Figura 11. *Indicador focal de manejo para monitoreo y conservación de especies coralinas*

Fuente: *Vivas-Aguas (2007), adaptado por el investigador (2022)*

Indicador focal de cobertura para el monitoreo y conservación de especies coralinas

INDICADOR 1 PORCENTAJE DE COBERTURA DE CORALES DUROS	
Elemento focal de manejo: Formaciones coralinas	
Categoría: Tamaño	**Atributo clave:** Cobertura de coral
Objetivo: Determinar la dinámica de la cobertura de especies coralinas como medida de la salud del ecosistema costero en los arrecifes del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira	
Frecuencia de monitoreo: Dos veces al año (época seca y época lluviosa)	**Esfuerzo de monitoreo:** De 4 a 6 lugares distribuidos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira.
Horario de monitoreo: De 8:00 am a 4:00 pm	**Espacialidad:** Arrecifes coralinos
Personal requerido: de 3 a 4 funcionarios	**Conocimiento previo:** Capacitación en identificación de especies de corales y los diferentes tipos acompañados con el conocimiento de la metodología a utilizar.
Materiales requeridos: hojas de datos, tablas acrílicas, lápiz, cintas métricas, equipo de buceo completo, bote, equipo de computación.	**Escala de salud:** Valores de cobertura de coral considerados como saludables: 30-70% de coral vivo Menos de 5% de coral blanqueado Menos de 5% de coral enfermo Menos de 5% de coral muerto recientemente
Ámbito de variación permisible 0-5% 6-10% más de 11%	% de pérdida de cobertura coralina viva, respecto al valor del monitoreo anterior

Aspectos significativos

Los corales son los principales constructores de los arrecifes coralinos, y debido a su crecimiento y estructura logran albergar una gran diversidad de organismos. Esto implica que una alta cobertura de coral vivo va a ser un indicativo de salud de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira (Figura 12).

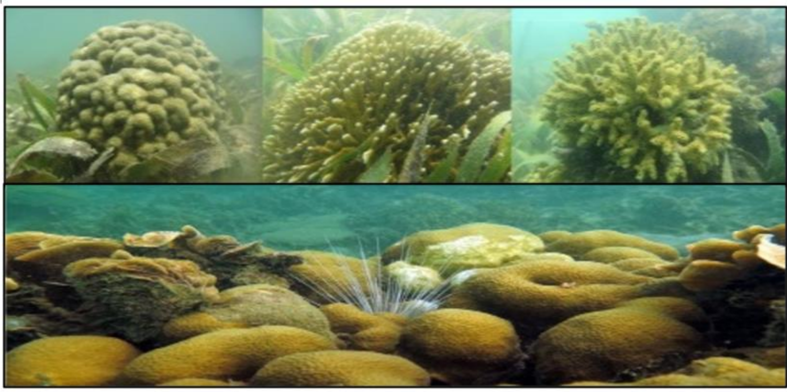


Figura 12. El arrecife de coral. Cabo de la Vela, La Guajira
https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j

Lo anterior indica que los porcentajes de salud de especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela, respecto a su cobertura coralina son determinados alrededor de la riqueza biológica de la Costa Caribe colombiana, por lo que se pueden tomar dichos porcentajes como base inicial. Dentro de la cobertura coralina retomando a Vásquez (2000), se deben considerar elementos como: a) colonias de coral blanqueadas, b) colonias con presencia de enfermedades, c) colonias muertas recientemente, debido a que podría afectar la cobertura y por ende a las especies asociadas al ecosistema costero del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira. Además los corales son los principales contribuyentes a la complejidad arrecifal la cual ha sido asociada a una mayor cantidad de especies.

INDICADOR 2 PORCENTAJE DE COBERTURA DE ALGAS	
Elemento focal de manejo: Formaciones coralinas.	
Categoría: Tamaño.	**Atributo clave:** Cobertura de algas.
Objetivo: Determinar la dinámica de la cobertura de algas en el ecosistema costero en los arrecifes del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira.	
Frecuencia de monitoreo: Dos veces al año (época seca y época lluviosa)	**Esfuerzo de monitoreo:** De 4 a 6 lugares distribuidos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira.
Horario de monitoreo: De 8:00 am a 4:00 pm	**Espacialidad:** Arrecifes coralinos
Personal requerido: de 3 a 4 funcionarios	**Conocimiento previo:** Capacitación en identificación de categorías de algas y los diferentes tipos de sustrato, acompañados con el conocimiento de la metodología a utilizar.
Materiales requeridos: hojas de datos, tablas acrílicas, lápiz, cintas métricas, equipo de buceo completo, bote, equipo de computación.	**Escala de salud:** Valores de cobertura de algas considerados como saludables: Tapetes de algas 20 y 40% Macroalgas carnosas 5 a 10% Calcáreas costrosas 30 y 50%
Ámbito de variación permisible	
0-5% en cualquiera de las categorías	% de ganancia de cobertura de algas (macroalgas carnosas, tapetes algales, calcáreas costrosas), respecto al valor del monitoreo anterior.
6-20% en cualquiera de las categorías	
más de 20% en cualquiera de las categorías	

Aspectos significativos

Las macroalgas, según lo explica Vivas-Aguas (2007), juegan un papel fundamental al interior de los arrecifes coralinos en el Cabo de la Vela (Figura 13), ya que sirven como alimento, franja de crianza y refugio de otras especies marinas. Visto desde esta perspectiva, las algas favorecen significativamente en la formación y cementación de los arrecifes y en la producción de arena, haciendo del ecosistema del Cabo de la Vela algo sensible de la península de La Guajira. En este sentido, las macroalgas lucen como un indicador de la salud de los arrecifes vistos como saludables y abundantes en la ecología de estos ambientes caracterizados por una baja biomasa del conjunto de algas denominados tapetes algales acompañados de algas coralinas costrosas (Rueda et al., 2010).

Lo anterior es reforzado por el pensamiento de Vásquez (2000), al indicar que bajo un intenso pastoreo por parte de peces y erizos de mar, los arrecifes en el ecosistema costero del Cabo de la Vela están caracterizados por tapetes algales, y algunas algas costrosas. Además, la predominancia de corales, algas

calcáreas y macroalgas foliosas es un indicativo de bajos nutrientes y alta herbivoría que asociado a una alta cobertura de algas coralinas es indicativa de salud arrecifal de especies coralinas de la Costa Caribe colombiana.



Figura 13.Vista general de una comunidad de algas. Cabo de la Vela, La Guajira
https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j

INDICADOR 3 PORCENTAJE DE COBERTURA DE MACROALGAS CAULERPA SERTULARIOIDES	
Elemento focal de manejo: Formaciones coralinas.	
Categoría: Tamaño.	**Atributo clave:** Cobertura de Caulerpa Sertularioides.
Objetivo: Determinar la dinámica de la cobertura de Caulerpa Sertularioides en el ecosistema costero en los arrecifes del Cabo de la Vela en el departamento de La Guajira.	
Frecuencia de monitoreo: Dos veces al año (época seca y época lluviosa)	**Esfuerzo de monitoreo:** De 4 a 6 lugares distribuidos en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en La Guajira.
Horario de monitoreo: De 8:00 am a 4:00 pm	**Espacialidad:** Arrecifes coralinos
Personal requerido: de 3 a 4 funcionarios	**Conocimiento previo:** Capacitación en identificación de categorías de algas y los diferentes tipos de sustrato, acompañados con el conocimiento de la metodología a utilizar.
Materiales requeridos: hojas de datos, tablas acrílicas, lápiz, cintas métricas, equipo de buceo completo, bote, equipo de computación.	**Escala de salud:** Valores de cobertura de Caulerpa Sertularioides considerados como saludables: • Entre 5 y 10%
Ámbito de variación permisible	
Más de 21%	% de ganancia de cobertura de Caulerpa Sertularioides, respecto al valor del monitoreo anterior.
6-20%	
0 – 5%	

Aspectos significativos

La literatura científica indica que esta alga (Caulerpa Sertularioides) (Figura 14), se encuentra de manera natural en los arrecifes coralinos del Cabo de la Vela. No obstante en el marco del Portafolio de Investigaciones de INVEMAR (2003), se identificó una prolongación de esta alga en Bahía Portete Península de La Guajira donde se observaron extensiones en múltiples espacios de este sustrato. Sobre el asunto Vivas-Aguas (2007) manifiesta que la prolongación es debida a la escorrentía de aguas que llegan a la Bahía aportando nutrientes y la expansión de estos nutrientes por corrientes del Mar Caribe.

Lo anterior es complementado por Vásquez (2000), cuando señala que la propagación de alga (Caulerpa Sertularioides), dinamiza la textura del ecosistema. Sin embargo en el caso de los arrecifes del ecosistema costero del Cabo de la Vela, se han visto afectados en su tasa de crecimiento, producto de la abrasión, el sobre crecimiento y la acumulación de sedimentos. Además, de que su propagación pudiera haber tenido su inicio en el Caribe colombiano (Santa Marta, Barranquilla), en la actualidad es usual hallarla en todo el Caribe colombiano, con prolongaciones importantes en algunos sitios (Islas de Rosario).

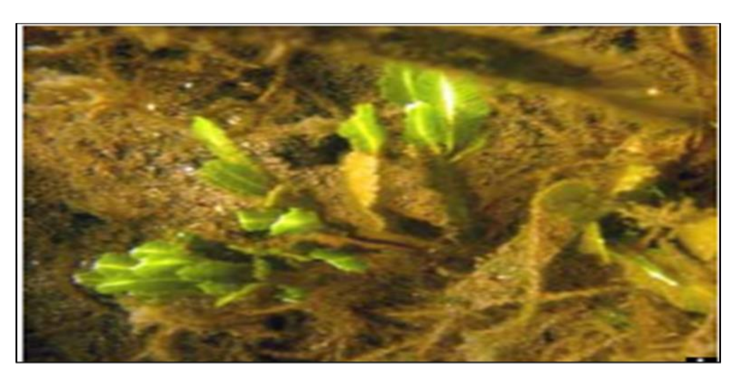


Figura 14. Caulerpa Sertularioides. Cabo de la Vela, La Guajira
https://aquadocs.org/Atlas_Guajira.pdf;j

Conclusión

La selección de temas de monitoreo a través de este plan propuesto, representa un enfoque sistemático para identificar y priorizar sitios permanentes en arrecifes coralinos de conservación que permite la inclusión y representación de una amplia gama de biodiversidad. Parte del éxito de este enfoque depende de la disponibilidad de información completa y actualizada sobre la distribución de las especies coralinas en el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira.

Los indicadores identificados representan una herramienta para la conservación *in situ* del ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira y una poderosa alternativa para saldar la deuda que desde este lugar de La Guajira se tiene con la biodiversidad marina.

Haber considerado en este documento un enfoque ecorregional basado en el conocimiento científico de esta disciplina, fue una buena opción para el diseño del manual para el monitoreo y conservación de especies coralinas en términos normales, ya que permite identificar variables físico-químicas y biológicas que favorece el ecosistema costero del Cabo de la Vela en la Península de La Guajira colombiana. Sin embargo, dado que este enfoque es de naturaleza ecológica, es necesario incluir componentes sociales, económicos, políticos y culturales en períodos posteriores, para que las estrategias de gestión a planificar para su implementación están coordinadas y, por lo tanto, factibles en el presente y futuro.

Finalmente, un mayor conocimiento de los procesos ambientales básicos así como la conectividad, se convierte en prioritarios para comprender la dinámica y las interrelaciones de sitios permanentes en arrecifes coralinos como un todo integrado y holístico.

Literatura citada

Alonso, D., Ramírez, L., Segura-Quintero, C., Castillo-Torres, P, Díaz, J.M. y T. Walschburger (2008). *Prioridades de conservación in situ para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, The Nature Conservancy-TNC y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales-UAESPNN. Santa Marta, Colombia, 20 p.

Álvarez-Filip, L. y M. Bonilla-Mohelo (2007). *Arrecifes coralinos, selvas tropicales*. Rev. Ciencias 85 (1): 14-17.

Batista-Morales, A. y Díaz-Sánchez. C.M (2010). *VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia.* Pp. 133-158. En: Invemar 2010. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia. 319p.

Bellwood, D.R., T.P. Hughes, C. Folke y M. Nystrom. (2004). Co*nfronting the coral reefs crisis.* Nature 24: 827-833.

Bernal G., G. Poveda, P. Roldán, C. Andrade (2006). *Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana*. Rev. Adad. Coloma. Cienc. 30 (115): 195-208.

Borrero, F. J., J. M. Díaz y A. Seczon (1996). *Las ostras perlíferas (Bivalvia: Pteriidae) en el Caribe colombiano: Historia de su explotación, ecología y perspectivas para su aprovechamiento.* INVEMAR, Publ. Esp., 1, Santa Marta, 53 p.

Cabrera, E. y M.C Donoso (2016). *Estudio de las características oceanográficas del Caribe colombiano, Región III zona I PDCTM.* Boletín Científico CIOH, 13:19-32.

Cesar, H. y C.K. Chong (2004). *Economic valuation and socioeconomics of coral reefs: Methodological issues and three case studies. In Economic valuation and policy priorities for sustainable management of coral reefs.* Ahmed, M., C.K. Chong y H. Cesar (eds.). Worldfish center, Conference proceeding, Penang, Malaysia.

Corbetta, P. (2013). *Metodología y técnicas de investigación social*, 2ª ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Madrid, Espala.

Díaz, J. M., O. Solano, P. R. Dueñas y J. Garzón-Ferreira (1988). *Diagnóstico actual de las comunidades marinas de la Bahía de Portete, análisis de efectos reales por la construcción y operación de las instalaciones portuarias*. Informe final. INVEMAR, 156p.

Ecology and Environment, Inc. (2013). *Environmental reconnaissance study of the Cerrejon Coal Project in Bahía Portete, Colombia*, South América. Task 1-4.

Fajardo, G.E. (2009). *Surgencia costera en las proximidades de la península colombiana de la Guajira.* Boletín Científico CIOH, 2:7-19.

Fonseca, A.C., E. Salas y J. Cortés (2006). *Monitoreo del arrecife coralino* Meager Shoal, Rev. Biol. Trop. 54: 755-763. Costa Rica.

Groves C. B.; Valutis L., Vosick D., Neely B., Wheaton K., Touval J. y B. Runnels (2010). *"Diseño de una geografía de la esperanza: Manual para la planificación de la conservación ecorregional".* The Nature Conservancy, Vol. I y II. 2a Edición. (EE.UU).

Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, L (2015). *Metodología de la Investigación.* 5ta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM - (2018). *Estudio sobre la variabilidad de la temperatura superficial del mar en el Caribe colombiano*. Subdirección de Meteorología. Bogotá, D. C., http://www.ideam.gov.co

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR - (1992). *Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la Bahía Portete y determinación del área de influencia de Puerto Bolívar afuera de la Bahía Portete*. Informe final, INVEMAR-INTERCOR, Santa Marta, 67 p.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR - (2003). *Formulación del Plan de Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera de la Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano: caracterización y diagnóstico.* Editado Por: A.P. Zamora y P.C. Sierra-Correa. Santa Marta. 408p.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR - (2018). *Descripción inicial de unidades de monitoreo de ecosistemas marinos en la Bahía Portete. Determinación del área de influencia de Puerto Bolívar afuera de la Bahía Portete.* Informe Proy. Invemar, Santa Marta. 67 p.

Parada, R.C; Londoño de Hoyos, C. (2016). *Foraminíferos bentónicos recientes del norte de Cartagena-Colombia.* Ciencia y Tecnología, Vol. 2, No. 4. Editorial Presencia Ltda. Bogotá, D.C.

Prahl, H. v. y H. Erhardt. (1985). *Colombia, Corales y Arrecifes Coralinos*. Fondo FEN Colombia, Bogotá, 295p.

Rodríguez, W, O. Osorno, F.A. Ramos, C. Duque and Zea, S. (2010). *New fatty acids from Colombian Caribbean sea sponges.* Biochemistry Systematic Ecology. 38: 774–783.

Rueda, M., D. Mármol, E.A. Viloria, O. Doncel, F. Rico- Mejía, I. García y A. Girón. (2010). *Identificación, ubicación y extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia.* Informe Técnico Final. Invemar, ANH, MADR, INCODER. Santa Marta. 147p.

Santodomingo, N., Urriago, J.D., Reyes, J. (2011). *Formaciones coralinas de profundidad: criterios biológicos para conformación de áreas marinas protegidas del margen continental (100-300 M) en el Caribe colombiano*. Boletín de investigaciones marinas y costeras. *Invemar.40* (1), p. 89-11

Schuhmacher, H. (2018). *Arrecifes coralinos*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 288 p.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación – SINAC - (2016) *Protocolo para el monitoreo ecológico de formaciones coralinas. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas*. Programa de

Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), San José, Costa Rica. 61p.

Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia – SIMAC (2002). Manual de métodos del SIMAC. Santa Marta, Colombia. http://www.invemar.org.co

Solano, O. D. (1994). *Corales, formaciones arrecifales y blanqueamiento coralino de 1987 en Bahía Portete (Guajira, Colombia)*. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín, 23: 149-163.

Vásquez, J. (2000). *Estudio y análisis estructural de dos bosques de mangle en el Valle de los Cangrejos y el Riíto, departamento de La Guajira*. Trabajo de Grado Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 75p.

Velasco, L.A and J. Barros. (2008). *Experimental larval culture of the Caribbean scallops Argopecten nucleus and Nodipecten nodosus*. Aquac. Res. 39: 603-618.

Vivas-Aguas, L.J. (2007). *Calibración, validación e implementación de la batería de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia*. Informe Técnico de Consultoría No. 0550-06. Convenio No. 001/04 OEI- MA